

PIEZOELECTRIC ELEMENT

Patent Number: JP10209517
Publication date: 1998-08-07
Inventor(s): JINNO ISAKU; FUJII SATORU; KAMATA TAKESHI; TAKAYAMA RYOICHI
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP10209517
Application Number: JP19970006801 19970117
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L41/09 ; G01L1/16 ; H01L41/08 ; H01L41/187 ; H02N2/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To stably produce a micro piezoelectric element with sufficient piezoelectric characteristic by forming a pair of electrodes on both surfaces facing a thin film piezoelectric body with a specific thickness, and forming a covering layer with a specific thickness which shows no piezoelectric characteristic, on the surface of one of the electrodes.

SOLUTION: A cantilever piezoelectric element is formed by bonding lower and upper electrodes 2 and 3 with a thickness of $0.1\mu\text{m}$ to the upper and lower sides of a thin-film piezoelectric body 1 with a thickness of $0.05\text{--}100\mu\text{m}$. Further a covering layer 4 with a thickness of $0.05\text{--}500\mu\text{m}$ showing no piezoelectric characteristic is formed on the surface of the upper electrode 3. The body 1 comprises mainly of perovskite oxide containing lead, titanium and zirconium. The covering layer 4 comprising polyimide protects the weak body 1. When a voltage is applied, the lower part of the body 1 is elongated in the x-direction, however, since the upper part thereof is covered with the covering layer 4, the tip end of the element moves vertically in z-direction. In case where the respective thickness is within the range, this method is practical in terms of machinability.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-209517

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl. ^a	識別記号	F I
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08 C
G 0 1 L 1/16		G 0 1 L 1/16
H 0 1 L 41/08		H 0 2 N 2/00 B
41/187		H 0 1 L 41/08 Z
H 0 2 N 2/00		41/18 1 0 1 D
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 6 頁)		

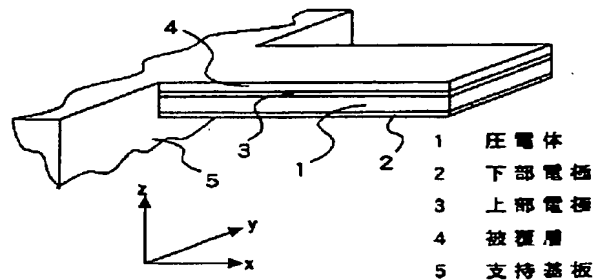
(21) 出願番号	特願平9-6801	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成9年(1997) 1月17日	(72) 発明者	神野 伊策 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	藤井 寛 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	鎌田 健 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 東島 隆治 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電素子

(57) 【要約】

【課題】 小型で、良好な圧電特性を示す圧電素子を提供する。

【解決手段】 厚さが0.05~100 μ mの箔状で、主として鉛、チタンおよびジルコニウムを含み、ペロブスカイト構造を有する酸化物からなる圧電体と、圧電体の対向する両面にそれぞれ形成された一对の電極と、一对の電極のうちの一方の電極の表面に形成された厚さが0.05~500 μ mの圧電性を示さない被覆層を具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 厚さが0.05～100 μ mの薄膜状の圧電体と、前記圧電体の対向する両面にそれぞれ形成された一対の電極と、前記一対の電極のうちの一方の表面に形成された厚さが0.05～500 μ mの圧電性を示さない被覆層を具備する圧電素子。

【請求項2】 前記圧電体が、主として鉛、チタンおよびジルコニウムを含み、ペロブスカイト構造を有する酸化物からなる請求項1記載の圧電素子。

【請求項3】 前記圧電体が、分極軸を前記電極に対して垂直となる方向に偏向して配された請求項2記載の圧電素子。

【請求項4】 前記圧電体が、正方晶系の結晶系を有し、c軸を前記電極に対して垂直となる方向に偏向して配された請求項2記載の圧電素子。

【請求項5】 前記圧電体中のジルコニウムの比を、厚さ方向に連続的または段階的に変化させた請求項2記載の圧電素子。

【請求項6】 前記一対の電極のうちの少なくとも一方が、白金、パラジウム、イリジウムおよびルテニウムからなる群より選択される金属またはその酸化物からなる請求項1記載の圧電素子。

【請求項7】 前記被覆層が、絶縁物からなる請求項1記載の圧電素子。

【請求項8】 前記絶縁物が、有機物である請求項7記載の圧電素子。

【請求項9】 前記有機物が、ポリイミドである請求項8記載の圧電素子。

【請求項10】 厚さ0.05～100 μ mの薄膜状の圧電体と、前記圧電体の対向する両面にそれぞれ形成された一対の電極を備え、前記一対の電極のうちの一方の電極の厚さが、他方の電極の厚さの10倍以上であり、かつ前記圧電体の厚さの1/10以上である圧電素子。

【請求項11】 前記一方の電極が、白金、パラジウム、イリジウムおよびルテニウムからなる群より選択される金属またはその酸化物からなり、前記圧電体の組成が、主として鉛およびチタンを含む酸化物からなる請求項10記載の圧電素子。

【請求項12】 前記一方の電極の厚さが、0.01 μ m以上かつ100 μ m以下である請求項10記載の圧電素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電アクチュエータ、圧電センサ等に用いられる圧電素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、圧電体は、種々の目的に応じて様々な素子に加工されて用いられている。特に、電圧を加えて変形を生じさせるアクチュエータや、逆に素子の

変形から電圧を発生させるセンサとして、広く利用されている。これらに利用される圧電体としては、優れた圧電特性を有する鉛系の誘電体、特にPZTと称される $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ のペロブスカイト型強誘電体が広く用いられている。一般にこれらの圧電体は、熱処理より得られた焼結体を切削、研磨などの工程により種々の形状に加工された後、得られた圧電体の対向する表面に一対の電極を形成して圧電素子が製造される。

【0003】近年、これらの圧電素子をより小型化、高機能化することによって、マイクロマシンやマイクロセンサなどへの利用が検討されており、これにより、これまで不可能とされていた様々な分野において、微少かつ精密な制御等が可能になると期待されている。従来、このような小型の圧電素子は、焼結により得られた圧電体を上記のように切削、研磨等の技術によって微細成形して製造されていたが、これとは別に、圧電体を薄膜として形成し、半導体で用いられてきた微細加工技術を駆使してより高精度な超小型圧電素子を開発する研究がなされている。しかし、圧電素子を小型化するに当たり、その微少な変位を制御よく発生させ、また微少変位を効率的に検知できる構成が必要であり、その構造および材料の開発、さらにはその加工技術について、なお検討する課題が多く残されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】微細性および精密性に優れた圧電体薄膜を形成する技術は、これまで行われてきた焼結体の微細成形技術とは全く異なるプロセスである。したがって、その薄膜化プロセスに適合した圧電体および圧電素子の構成を実現させる必要がある。圧電体の薄膜形成技術としては、ゾルゲル法、スパッタ法、CVD法などが一般的であるが、これらの方法で形成できる薄膜の厚さは通常1 μ m程度であり、その生産性を考えると厚さが100 μ m以上の薄膜を短時間に形成することは困難である。

【0005】実際に微細化された圧電素子をアクチュエータや圧電センサに用いる場合には、当然、十分なアクチュエータ特性またはセンサ特性が要求される。そのため、圧電体薄膜を用いた圧電素子を開発するにあたって、圧電体薄膜の厚さを100 μ m以下、特に1～10 μ m程度とした上で、十分な圧電特性を有する素子の構成を明確化し、さらに素子の薄さに起因する圧電特性の低下を阻止する必要がある。本発明は、これらの問題点を解決するもので、小型でかつ十分な圧電特性を示す圧電素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の圧電素子は、厚さが0.05～100 μ mの薄膜状で、主として鉛、チタンおよびジルコニウムを含み、ペロブスカイト構造を有する酸化物からなる圧電体と、圧電体の対向する両面にそれぞれ形成された一対の電極と、一対の電極の電極

のうちの一方の表面に形成された厚さが0.05~500 μ mの圧電性を示さない被覆層を具備するものである。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の圧電素子は、厚さが0.05~100 μ mの薄膜状の圧電体と、圧電体の対向する両面にそれぞれ形成された一対の電極と、一方の電極の表面に形成された厚さが0.05~500 μ mの圧電性を示さない被覆層を具備するものである。本発明の圧電素子の好ましい態様は、圧電体が、主として鉛、チタンおよびジルコニウムを含むペロブスカイト型酸化物からなる。さらに、圧電体の結晶が、結晶軸を電極の表面の法線方向に偏向していること、特に圧電体の結晶系が正方晶系で、そのc軸方向が電極に対して垂直方向に偏向していることが好ましい。

【0008】また、圧電体が、ジルコニウムの組成が異なるいくつかの層からなる多層構造、もしくはジルコニウムの組成が連続して変化する傾斜組成構造であることが好ましい。さらに、一対の電極のうち少なくとも一方の電極が、白金、パラジウム、イリジウムまたはルテニウムを含有する金属またはその酸化物からなることが好ましい。また、被覆層が、絶縁物からなることが好ましい。さらに、絶縁物が、有機物、特にポリイミドであることが好ましい。

【0009】本発明の他の圧電素子は、厚さが0.05~100 μ mの薄膜状の圧電体と、圧電体の対向する両面にそれぞれ形成された一対の電極を備え、一対の電極のうちの一方の電極の厚さが、他方の電極の厚さの10倍以上であり、かつ圧電体の厚さの1/10以上とするものである。本発明の圧電素子の好ましい態様は、一方の電極が、白金、パラジウム、イリジウムおよびルテニウムからなる群より選択される金属またはその酸化物であり、圧電体が、主として鉛およびチタンを含む酸化物である。さらに、一方の電極の厚さが0.01 μ m以上かつ100 μ m以下であることが好ましい。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例の圧電素子を、図面を参照して詳細に説明する。

【0011】《実施例1》図1に本実施例の圧電素子を示す。この圧電素子は、長さが0.5mm、幅が50 μ mの平板状で、その一端が支持基板5に固定された片持ち梁である。厚さ3 μ mの圧電体1の上下に、ともに厚さが0.1 μ mの下部電極2および上部電極3が接合されており、さらに上部電極3の上には、厚さが0.5 μ mの圧電性を示さない被覆層4が形成されている。この被覆層4は、ポリイミドからなり、微細な形状で脆い圧電体1を保護する目的を有する。この構造では、上部電極3と下部電極2の間に電圧を印加すると、圧電体1が図中、x方向に伸びる。その伸び Δx は、電圧を V 、圧電体の厚さを t (m)、圧電体の長さを L

(m)、および圧電体の圧電定数を d_{31} とすると、下式で表される。

$$\Delta x = d_{31} \times L \times V / t$$

【0012】この圧電素子では、電圧を印加すると、圧電体1のうち下側の部分はx方向へ伸長するが、上側の部分は上部電極3の上面に圧電性を示さない被覆層4が存在することから変位が抑制されるため、素子の先端がz方向に上下運動する。このような片持ち梁の圧電素子の先端を上下運動させる方法としては、2層の圧電体を貼り合わせたバイモルフ構造が一般的である。バイモルフ構造の圧電素子では、原理的に本実施例の圧電素子の約4倍の大きな変位を得ることができると予想されるが、このような微細な圧電素子においては、そのような構造を採用することは非常に困難である。一方、本実施例の圧電素子では、構造が簡単のため、微細な素子であってもその作製が容易である。

【0013】圧電素子を構成する圧電体の厚さが0.05 μ mより小さいと、十分な圧電特性を示す素子は得られない。また、圧電体の形成方法として、薄膜をさらに微細に加工していく必要を考慮すると、膜厚が100 μ mより厚いものは、良好な素子形状に加工することが困難である。同様に、被覆層に関しては、その厚さが0.05 μ m以上かつ500 μ m以下のものが、圧電特性および加工性の点から実用的である。

【0014】電圧印加に対する圧電素子の変位量を増大させるためには、圧電定数 d_{31} の大きな圧電体を用いる必要がある。圧電定数の大きな圧電体として、鉛を含むペロブスカイト構造の強誘電体が一般的であり、そのうち $PbZr_{1-x}Ti_xO_3$ の組成で表されるPZTが優れた圧電特性を有することで知られている。このPZTの圧電性は、その結晶構造が揃った単結晶のものがよく、特に電圧をその分極軸であるc軸方向に印加すると効果が増大する。

【0015】本実施例の圧電素子では、下部電極2には(100)面を表面と平行になるように配向させた白金を用いた。この白金は、酸化マグネシウムの単結晶基板の表面にスパッタ法により形成したものである。ついで、このようにあらかじめ結晶軸を特定方向に配向させた下部電極2の上面に、スパッタ法によりそのc軸方向が表面の法線方向に配向した $PbZr_{0.53}Ti_{0.47}O_3$ で表されるPZT薄膜からなる圧電体1を形成した。この方法によると、結晶性の高い単結晶のPZT薄膜を得ることができる。下部電極2としては、白金の他、パラジウム、イリジウムおよびルテニウム、さらにはこれらの酸化物を用いた場合にも、良質のPZT薄膜を得ることができる。また、圧電体1の上面に下部電極2と同じく白金からなる上部電極3を形成した。圧電体1を形成する際に基板として使用した酸化マグネシウムの単結晶基板を加工して支持基板5とし、これに圧電素子の一端を固定して片持ち梁とした。

【0016】被覆層4には、有機物等の絶縁体を用いることが好ましい。本実施例では、加工性に優れたポリイミドを用いたが、このような微細な圧電素子は微細な形状に加工することが必要とされることから、特に感光性ポリイミドを用いることにより、上部電極3との密着性も良く、容易に微細な形状に加工することが可能になる。

【0017】上部電極3および下部電極2の間に±20Vの三角波を印加し、それによる素子先端の図1中、z方向の変位量を観測した。周波数10Hzで電圧を加えた場合の入力電圧信号および圧電素子の変位量の関係を図2に示す。電圧の印加にともない、素子の先端が最大±25μmの振幅で振動することが確認された。逆に、この素子に衝撃を加えることにより変位を発生させ、素子に生じる電圧を調べた。その結果、1Nの力を素子に加えたところ、約50pCの電荷の発生が確認された。発生した電荷は、チャージアンプ等の回路を介することにより、容易に電圧出力に変換できる。このように本実施例の圧電素子は、センサとしても優れた機能を有していることが確認された。

【0018】《実施例2》実施例1で用いた片持ち梁の圧電素子に代えて、図3に示す両持ち梁の圧電素子を作製した。この圧電素子は、両端が支持基板15に固定されたものである。この圧電素子は、前述の片持ち梁の時と同じく上部電極13、下部電極12、圧電体11および被覆層14より構成され、その長さを500μmとした。この圧電素子の上部電極13および下部電極12の間に±20Vの電圧を印加したところ、圧電体11の伸縮により、梁の中央部が最大±7μm変位することが観測された。

【0019】《実施例3》次に、圧電体の結晶性をさらに向上させ、その圧電性を高めるため、圧電体21の断面構造をZr/Tiの組成の異なる複数の層からなる多層構造とした。図4にその断面構造を示す。圧電体21は、Zrの存在しない膜厚が0.1μmのPbTiO₃層26および膜厚が2.5μmでPbZr_{0.53}Ti_{0.47}O₃からなるPZT層27の2層構造を有する。圧電体21の両面には、それぞれ下部電極22および上部電極23が接合されている。このようにして得られた圧電体21のX線解析を行ったところ、図5に示す様に表面の法線方向にc軸が高度に配向しており、高い結晶性を示すことが確認された。これは、この構造によれば、Zrの酸化物からなる結晶性の低い層が下部電極22と圧電体21との界面に形成されることがないためと考えられる。圧電体21として、PbTiO₃のほか、これにLaを添加した(Pb, La)TiO₃やSrTiO₃を用いた場合も同様の効果が得られた。また、図4に示す多層構造のほか、圧電体のZr/Ti組成を、厚さ方向に連続的に変化した構造においても同様に結晶性の高い圧電体を得ることができる。

【0020】圧電体の上面に形成する被覆層は、図1および図3に示すような圧電体とは異なる形状、例えば被覆層の幅が圧電体よりも十分に広い膜状の構造でもよい。この場合でも、圧電体の上下の電極間に電圧を印加したときに、圧電体が片持ち梁ではその先端部、両持ち梁ではその中央部に当たるところを中心に被覆層の変形が確認された。この様に、圧電体および被覆層の形状を任意の形に加工することにより、多様な変位を発生させることが可能である。

【0021】《実施例4》本実施例の圧電素子を図6に示す。この圧電素子は、長さが0.5mm、幅が50μm、厚さが4.1μmの平板状で、その一端が支持基板35に固定された片持ち梁である。この圧電素子は、圧電体31が、厚さが2.5μmでPbZr_{0.53}Ti_{0.47}O₃で表されるPZTを主成分とする酸化物強誘電体からなり、実施例1と同様の手法により厚さ方向にc軸を配向させた単結晶のPZT薄膜を加工したものである。圧電体31の両面には、下部電極32および上部電極33がそれぞれ接合されている。下部電極33には、厚さが0.1μmで、実施例1と同様に酸化マグネシウム単結晶基板上に形成された白金を用いた。圧電体31は上記実施例と同様に下部電極32の上面に形成したものである。また、アルミニウム製の上部電極33は、圧電体31の上に厚さが1.5μmとなるように形成したものである。

【0022】この上部電極33と下部電極32の間に±20Vの電圧を印加することにより、片持ち梁の先端が最大15μm変位することが確認された。この変位は、実施例1と同様の原理に基づくものであり、電圧の印加により圧電体31が長さ方向(図中x方向)に伸縮し、その動作を上部電極33が拘束することによって上下運動が生じるものである。この構成によると、実施例1の圧電素子ほど大きな変位は発生しなかったが、被覆層を形成せず、それに代えて電極の一方を厚くするだけで変位を発生させることができ、素子の構成が簡略化できる。この素子の圧電体31の厚さは、実施例1と同様の理由により、0.05μm以上かつ100μm以下であることが好ましい。また、厚い方の電極である上部電極33は、その材質によらず、0.01μm以上であることが、断線等の不良が起こりにくくなるため、好ましい。また、100μm以下であることが圧電特性および加工性の点で実用的である。

【0023】なお、実施例4と同様の構造の圧電素子を、両持ち梁として用いた場合においても、電圧印加により変位を発生させることができ、±20Vの印加に対して梁の中央部で最大4μmの変位が確認された。

【0024】

【発明の効果】本発明によると、十分な圧電特性を有し、小型かつ微細な圧電素子を安定して製造することができる。また、圧電性薄膜の微細加工に適した構成であ

るため、良好な動作を行う微細な圧電素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における圧電素子の構成を示す斜視図である。

【図2】同圧電素子の印加電圧に対する変位を示す特性図である。

【図3】本発明の他の実施例の圧電素子の構成を示す斜視図である。

【図4】同他の実施例の圧電素子の要部の縦断面図である。

【図5】同圧電素子に用いた圧電体のX線回折パターンを示す図である。

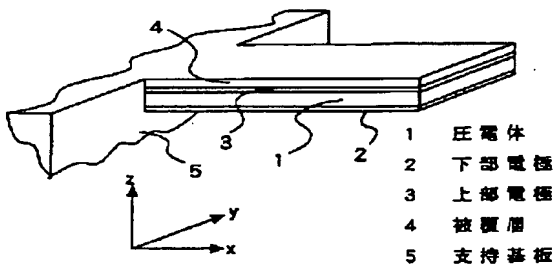
【図6】本発明の他の実施例の圧電素子の構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

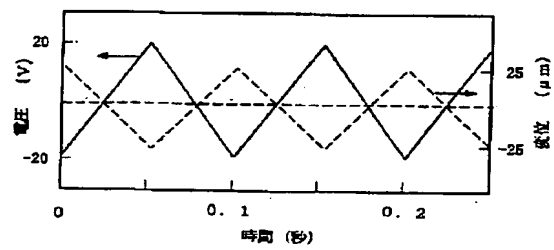
- 1 圧電体
- 2 下部電極
- 3 上部電極

- 4 被覆層
- 5 支持基板
- 11 圧電体
- 12 下部電極
- 13 上部電極
- 14 被覆層
- 15 支持基板
- 21 圧電体
- 22 下部電極
- 23 上部電極
- 24 被覆層
- 25 支持基板
- 26 PbTiO_3 層
- 27 PZT層
- 31 圧電体
- 32 下部電極
- 33 上部電極
- 35 支持基板

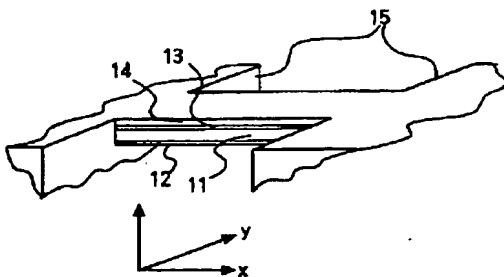
【図1】



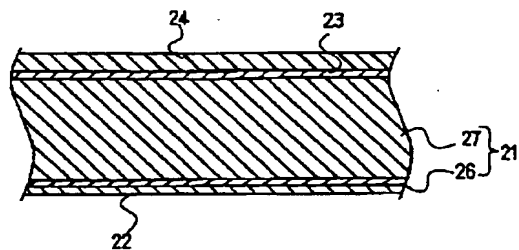
【図2】



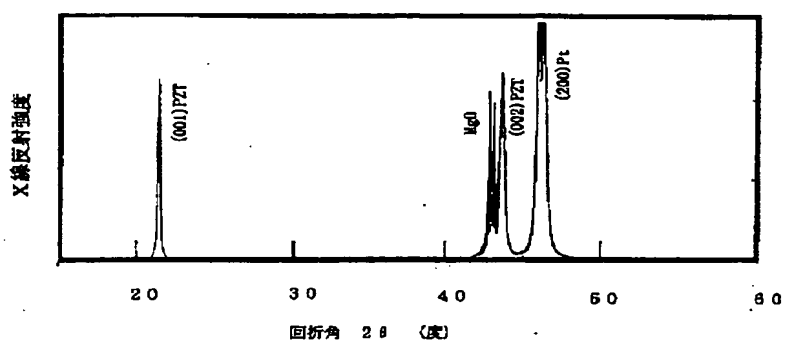
【図3】



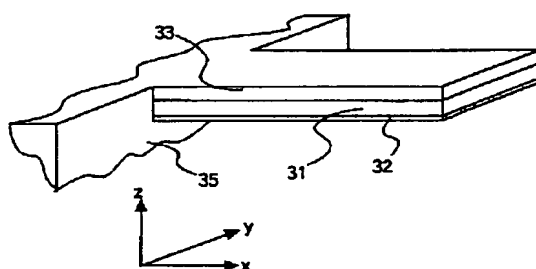
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ▲高▼山 良一
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.